

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,  
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия  
Государственной противопожарной службы

## **РУКОВОДСТВО**

**по повышению эффективности действий подразделений**

**пожарной охраны при ликвидации пожаров**

**на начальных этапах развития в зданиях с использованием информации**

**от мониторинговых систем поддержки управления**



Иваново 2017



**Семенов А.О., Тараканов Д.В., Баканов М.О., Гринченко Б.Б., Захаров Д.Ю.**

Руководство по повышению эффективности действий подразделений пожарной охраны при ликвидации пожаров на начальных этапах развития в зданиях с использованием информации от мониторинговых систем поддержки управления. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. - 35 с.

Руководство по повышению эффективности действий подразделений пожарной охраны при ликвидации пожаров на начальных этапах развития в зданиях с использованием информации от мониторинговых систем поддержки управления (далее – Руководство) содержит сведения, необходимые для расчета количественного критерия эффективности применения информации от систем мониторинга пожара в здании для использования в качестве дополнительной информации в процессе проведения разведки места пожара и реализации основных действий по тушению пожара на начальных этапах развития пожара в здании. Представлены примеры расчета значений по критерию эффективности для зданий различной общей площади и этажности.

Руководство предназначено для применения в профессиональной деятельности инженерно-технических работников пожарной охраны, а также при реализации научного и образовательного процесса в образовательных организациях МЧС России.

## Оглавление

Термины и определения.....	4
Введение .....	6
1. Проблема крупных пожаров в зданиях .....	8
2. Специфика тушения пожаров в зданиях .....	10
3. Мониторинговая система поддержки управления.....	14
4. Критерий эффективности мониторинга состояния пожара .....	18
5. Примеры расчета критерия эффективности .....	23
Пример 1. Общественное (административное) здание.....	23
Пример 2. Здание повышенной этажности .....	25
Пример 3. Промышленное здание .....	27
Заключение.....	29
Список литературы.....	30



## Термины и определения

**Дистанционный мониторинг пожара** – наблюдение за состоянием пожара, обеспечивающее доступность данных как потребителям результатов мониторинга на месте пожара, так и другим удаленным потребителям.

**Здание** – строительная система, состоящая из несущих и ограждающих или совмещенных (несущих и ограждающих) конструкций, образующих наземный замкнутый объем, предназначенный для проживания или пребывания людей в зависимости от функционального назначения и для выполнения различного вида производственных процессов.

**Здание общественное** – здание, предназначенное для социального обслуживания населения и для размещения административных учреждений и общественных организаций.

**Здание производственное** – здание для размещения промышленных и сельскохозяйственных производств и обеспечения необходимых условий для труда людей и эксплуатации технологического оборудования.

**Здание жилое** – квартирные дома для постоянного проживания людей и общежития для проживания в течение срока работы или учебы.

**Мониторинг пожара** – процесс непрерывного сбора данных о динамике пожара, включая обработку, анализ, представление (визуализацию, аудиализацию) данных с целью обеспечения системы управления действиями по тушению пожара, а также других потребителей результатов мониторинга полной и дифференцированной по иерархии управления информацией о возникновении и прогнозе развития пожара, о безопасности участников тушения пожара, а также о результативности их действий.

**Мониторинговая система поддержки управления** – совокупность получаемой посредством мониторинга структурированной по уровням, задачам, функциям управления информации, предназначенной для повышения качества информационного обеспечения должностных лиц служб экстренного реагирования города.



**Начальный этап развития пожара в здании** – этап развития пожара, на котором сил и средств одного пожарно-спасательного подразделения достаточно для локализации и последующей ликвидации пожара.

**Общая площадь здания** – сумма площадей всех этажей здания (включая технические, мансардные, цокольные и подвальные), измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, а также площадей балконов и лоджий.

**Пожарно-спасательное подразделение** – подразделение, создаваемое в целях предупреждения и тушения пожаров, ликвидации других чрезвычайных ситуаций на определенной территории или на объекте защиты, размещаемое в пожарном депо или ином отвечающем требованиям здании (сооружении), обеспеченное подготовленным личным составом и имеющее на своем вооружении установленную пожарную технику и иные технические средства для выполнения возложенных функций.

**Разведка места пожара** – процесс непрерывного сбора, обобщения и анализа информации об обстановке на месте пожара для определения содержания основной задачи пожарно-спасательных подразделений, а также путей и способов ее решения.

**Система мониторинга пожара** – совокупность средств мониторинга, включая структуры их взаимодействия, предназначенная для обеспечения потребителей результатов мониторинга информацией о возникновении и прогнозе развития пожара, а также о безопасности участников тушения пожара и результатах действий по тушению пожара.

**Средства мониторинга** – технические устройства, предназначенные для решения задач получения, обработки, хранения и передачи данных, включая устройства представления результатов мониторинга потребителю.

**Строительство** – комплекс строительных работ, выполненных организациями собственными силами на основании договоров и (или) контрактов, заключаемых с заказчиками, включая работы, выполненные хозяйственным способом организациями и населением.



## Введение

Концепция обеспечения безопасности в Российской Федерации (далее – Концепция Безопасности) определяет перечень угроз общественной безопасности к одной из которых относятся пожары. Для устойчивого социально-экономического развития страны и минимизации потерь от пожаров осуществляется совершенствование информационного обеспечения служб экстренного реагирования, что в итоге позволит перейти на качественно новый уровень противопожарной защиты России. Для повышения качества информационного обеспечения руководителей служб экстренного реагирования на государственном уровне реализуется концепция формирования единого информационного пространства в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации №2446-р. Практическая реализация концепции единого информационного пространства в части, касающейся оперативного управления пожарно-спасательными подразделениями, заключается в создании системы поддержки принятия решений.

В действительности пожары относятся к одним из наиболее опасных деструктивных событий, возникающих при жизнедеятельности человечества. Ежегодно прямой материальный ущерб от пожаров в Российской Федерации измеряется миллиардами рублей, более десяти тысяч человек гибнут на пожарах. При этом большинство пожаров происходят в зданиях гражданского и промышленного назначения. Для своевременного обнаружения пожара в здании используются современные системы пожарной сигнализации, позволяющие осуществлять дистанционный мониторинг состояния пожара. Результаты мониторинга имеют особое значение при принятии первых решений руководителем тушения пожара. Важность первых решений руководителя тушения пожара определяет возможность ликвидировать пожар на начальной стадии развития или же является основой для эффективного наращивания дополнительных сил и средств подразделений пожарно-спасательных гарнизонов.



Однако предпосылки для внедрения современных систем мониторинга пожара в зданиях, в основном, базируются на требованиях обеспечения своевременной эвакуации людей. А вопросы повышения эффективности действий пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров в зданиях остаются неучтёнными. Очевидно, что совершенствование информационного обеспечения руководителя тушения пожара может привести к повышению эффективности действий по тушению пожара в здании на начальном этапе развития пожара, но количественные критерии, позволяющие оценить эффективность применения информации прогностического характера, в настоящее время отсутствуют.

В Руководстве предлагаются количественные критерии, позволяющие определить повышение эффективности реализации действий по тушению пожара на начальном этапе развития в зданиях с учетом информации, полученной при мониторинге состояния пожара, реализуемой в виде системы поддержки управления. Разработанные критерии применимы для решения следующих задач:

- предварительного планирования действий по тушению пожаров в зданиях;
- подготовки должностных лиц пожарно-спасательного гарнизона;
- согласования и технико-экономического обоснования целесообразности оборудования адресной автоматической пожарной сигнализацией с передачей сигнала о пожаре по радиотелекоммуникационной системе;
- подготовки дежурно-диспетчерского персонала пожарно-спасательных гарнизонов и обслуживающего персонала зданий и сооружений для их эффективного взаимодействия.

Информация, получаемая от мониторинговых систем поддержки управления, может быть использована только в качестве дополнительной информации к основным результатам разведки места пожара.



## 1. Проблема крупных пожаров в зданиях

Тенденции строительства зданий и сооружений на территории Российской Федерации показывают увеличение количества вводимых в эксплуатацию современных зданий. По данным анализа темпов строительства в России в период с 2001 по 2015 годы<sup>1</sup> выявлено, что среднее число зданий ежегодно вводимых в эксплуатацию измеряется сотнями тысяч, при этом более 90% это жилые здания, и 10% – общественные, административные, промышленные здания, включая здания сельскохозяйственного и складского назначения.

Современные здания характеризуются большими общими площадями и строительными объемами. Ежегодно в России вводятся в эксплуатацию более 100 миллионов квадратных метров общих площадей зданий, при этом одна третья от общего числа – это площади зданий общественного, административного и промышленного назначения. Так, средняя общая площадь одного здания административного, общественного и промышленного назначения более чем в три раза превышает среднюю общую площадь зданий жилого назначения. Динамика данного показателя иллюстрирует ежегодное увеличение средней общей площади одного здания административного, общественного и промышленного назначения в среднем на 10%. Максимальный прирост общей площади здания наблюдается у зданий образовательных учреждений и организаций. В период с 2001 по 2015 годы средняя площадь одного здания образовательных организаций выросла более чем в два раза.

Увеличение общих площадей зданий в случае пожара приводит к увеличению необходимого количества привлекаемых к тушению пожара пожарно-спасательных подразделений, а также к увеличению ущерба от пожаров.

В период с 2001 по 2015 годы<sup>2</sup> на территории Российской Федерации произошло более 3,5 миллионов пожаров в зданиях, прямой материальный ущерб от пожаров в зданиях составил более 150 миллиардов рублей и еже-

---

<sup>1</sup> Стат.сборник «Россия в цифрах» // Федеральной службы статистики за период с 2001 по 2015 годы

<sup>2</sup> Стат.сборник «Пожары и пожарная безопасность» // ФГБУ ВНИИПО МЧС России



годно увеличивается на 6-7 %. Несмотря на то, что подавляющее число пожаров происходят в жилых зданиях, в среднем по статистике материальный ущерб, приходящийся на один пожар в жилом здании, более чем в десять раз ниже ущерба, приходящегося на один пожар в зданиях административного, общественного и промышленного назначения.

Стоит отметить, что количество крупных с точки зрения статистического учета пожаров не превышает 0,03 % от общего числа пожаров в зданиях, однако ущерб от крупных пожаров составляет более 25 % от общего прямого материального ущерба. Количество крупных пожаров в жилых зданиях в четыре раза меньше, чем количество крупных пожаров, произошедших в зданиях административного, общественного и промышленного назначения.

При этом общий ущерб от крупных пожаров в жилых зданиях в 23 раза меньше, чем ущерб от крупных пожаров в зданиях административного, общественного и промышленного назначения.

Анализ структуры ущерба от пожаров в зданиях показал, что для жилых зданий прямой материальный ущерб от крупных пожаров, произошедших в них, не является определяющим, так как не превышает 5 % от общего прямого материального ущерба. В свою очередь, обратную картину можно наблюдать для административных, общественных и промышленных зданий, здесь прямой материальный ущерб от крупных пожаров является определяющим и составляет более чем 65 % от общего прямого материального ущерба, причиненного пожарами.

Современные тенденции строительства зданий и сооружений в Российской Федерации, масштабы и структура прямого материального ущерба от крупных пожаров определяют общеизвестную проблему предупреждения и эффективного тушения крупных пожаров в зданиях административного, общественного и промышленного назначения.



## 2. Специфика тушения пожаров в зданиях

Основная задача при тушении пожаров в зданиях (сооружениях), как правило, включает в себя действия по спасанию людей, находящихся на этажах зданий, в том числе людей, не способных к самостоятельному передвижению; эвакуацию значительных культурно-материальных ценностей и ликвидацию горения, которую, как правило, проводят путем подачи огнетушащих веществ, непосредственно в очаг пожара.

В процессе решения основной задачи действия пожарно-спасательных подразделений направлены:

- на обеспечение проведения аварийно-спасательных работ, включая действия, направленные на предотвращение паники среди людей на путях спасания и эвакуации из здания;
- на обеспечение проведения действий по тушению пожара в здании.

Обеспечение успешного выполнения спасательных работ достигается:

- применением способов спасания людей, обеспечивающих необходимый уровень безопасности и требуемое время на реализацию;
- исключением или снижением степени воздействия опасных факторов пожара на спасаемых и участников тушения пожара;
- реализацией защитных мероприятий в случае применения опасных для жизни людей огнетушащих веществ и составов.

Обеспечение успешного проведения действий по тушению пожара в зданиях достигается:

- созданием нормативной интенсивности подачи огнетушащих веществ во всех помещениях этажа с наличием признаков горения, а в условиях недостатка сил и средств в крайних помещениях этажа;
- созданием условий подачи огнетушащих веществ в течение времени, необходимого для полного прекращения горения;
- введением средств подачи огнетушащих веществ одновременно в помещения очага пожара, смежные помещения и помещения возможного распро-



странения огня по пустотам конструкций и коммуникационным каналам;

- созданием условий, исключающих возможность повторного возобновления горения в здании.

Для успешного выполнения условий при решении основной задачи на пожаре проводится разведка места пожара, целью которой является:

- выяснение мест нахождения людей для выбора кратчайших безопасных путей и способов их эвакуации или других способов спасения, включая возможность использования лоджий, балконов, наружных пожарных лестниц, автоподъемников, автолестниц и других средств;
- выяснение места расположения очага пожара в здании, его размеров и вероятных направлений развития горения для определения путей продвижения к очагу пожара и выбора эффективных средств тушения, включая возможность использования в процессе тушения пожара стационарных систем пожаротушения и удаления дыма;
- выяснение у администрации места расположения уникального и наиболее ценного оборудования, степень угрозы ему от огня и дыма, необходимость, порядок, очередность выполнения мероприятий по его эвакуации.

Практика тушения пожаров в зданиях показывает, что на начальных этапах развития пожара эффективные действия первого прибывшего пожарно-спасательного подразделения обеспечивают максимальный предотвращенный ущерб, который может быть причинен пожаром.

Возможность тушения пожара в зданиях на начальных этапах развития обеспечивается:

- своевременным обнаружением пожара, что достигается путем оборудования зданий системами противопожарной защиты, автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализации;
- своевременным прибытием сил и средств пожарно-спасательных подразделений для ликвидации пожара прежде, чем его площадь превысит площадь, которую может потушить одно пожарно-спасательное подразделение, что достигается путем создания необходимого числа пожарно-спасательных под-



разделений с учетом мест их постоянной дислокации на территории населенного пункта или производственного объекта;

- своевременным проведением аварийно-спасательных работ и подачей огнетушащих веществ в том числе и в очаг пожара, что достигается комплексом конструктивных, объемно-планировочных и инженерно-технических решений зданий и сооружений;

- готовностью сил и средств пожарно-спасательных подразделений к действиям по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, что достигается комплексом мероприятий пожарно-тактической подготовки личного состава пожарно-спасательных подразделений, включая разработку и применение документов предварительного планирования действий по тушению пожаров в зданиях.

Специфика реализации действий по тушению пожаров в зданиях на начальных этапах развития обуславливает необходимость использования участниками тушения пожара средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения с необходимостью формирования звеньев газодымозащитной службы (далее – ГДЗС).

Применение сил и средств ГДЗС при ликвидации пожаров в зданиях на начальных этапах развития необходимо для:

- эффективного проведения разведки места пожара;
- обеспечения возможности проникновения в места воздействия опасных факторов пожара;
- эвакуации с мест воздействия опасных факторов пожара людей и имущества, оказания первой помощи пострадавшим;
- создания условий, снижающих вероятность воздействия опасных факторов пожара на людей и участников тушения пожара.

В таких условиях особую важность принимают первые решения руководителя тушения пожара, основанные на информации о месте расположения очага пожара в здании. К первым решениям руководителя тушения пожара (далее – РТП) при проведении разведки места пожара относят:



- выбор маршрутов продвижения звеньев ГДЗС к месту выполнения поставленных задач (на позиции);
- выбор оснащения звеньев ГДЗС с учетом характера планируемых действий;
- определение количественного состава звеньев ГДЗС при работе в непригодной для дыхания среде.

Для повышения эффективности принимаемых РТП решений возможно на правах дополнительной информации к результатам проведения разведки места пожара использовать информацию о мониторинге состояния пожара в здании.

Основными источниками информации о мониторинге состояния пожара в зданиях являются:

- информация, поступающая от автоматических систем пожарной сигнализации и автоматических установок пожаротушения;
- информация от структурированной системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений, на которую возлагаются функции обнаружения и мониторинга развития деструктивных событий, в том числе пожаров.

Современные тенденции увеличения общей строительной площади зданий определяет избыточность информации, получаемой от систем мониторинга, которая, в свою очередь, может привести к снижению оперативности принимаемых РТП решений. Для повышения эффективности использования результатов мониторинга состояния пожара, информация, получаемая от систем мониторинга, должна быть структурирована по уровням и задачам управления и представлена в виде системы поддержки управления.



### 3. Мониторинговая система поддержки управления

На основании задач мониторинга пожара с использованием средств мониторинга, входящих в систему пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, структурированную систему мониторинга и управления инженерными системами зданий и возможностью визуально интерпретировать данные при управлении действиями по тушению пожара, разработана мониторинговая система поддержки управления (далее – МСПУ). Система включает в себя совокупность взаимодействия потребителей результатов мониторинга пожаров, технических средств мониторинга и информационных потоков между ними. Получаемая посредством мониторинга информация структурирована по уровням, задачам, функциям управления для повышения качества информационного обеспечения должностных лиц служб экстренного реагирования города. В общем случае реализация МСПУ не нуждается в программно-технической реализации, однако существуют типовые структуры для построения последних.

Мониторинговая система поддержки управления представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя три компонента:

- первая информационная компонента – средства мониторинга пожара в здании, пожарные извещатели проводных и/или беспроводных систем;
- вторая аналитическая компонента – алгоритмы интеллектуальной обработки результатов мониторинга, построенные на основе динамической модели дистанционного мониторинга состояния пожара в здании;
- третья визуальная компонента – система отображения результатов мониторинга – электронные варианты документов предварительного планирования действий по тушению пожаров в зданиях.

Результат работы системы заключается в извещении РТП и других должностных лиц, входящих в систему управления действиями по тушению пожара, о месте расположения очага пожара в здании, с точностью до зоны



контроля одним адресным пожарным извещателем и может быть использована РТП на основании пункта 1.3. [10].

Информация, получаемая от МСПУ, в соответствии с пунктом 2.8. [10], является дополнительной информацией к результатам разведки места пожара. РТП вправе подвергнуть сомнению результаты работы МСПУ и проводить разведку места пожара, не опираясь на результаты мониторинга.

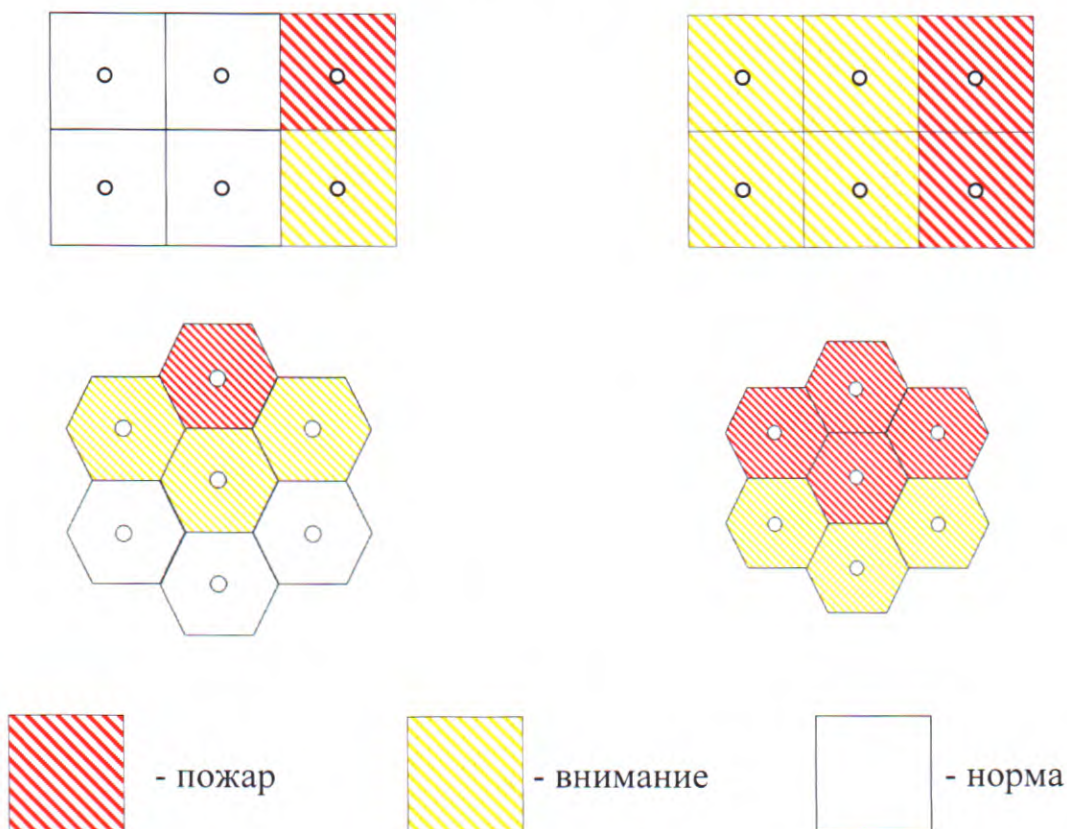
Способы извещения должностных лиц о месте расположения очага пожара в здании включают в себя следующие действия диспетчера гарнизона, руководителя тушения пожара и обслуживающего персонала объекта:

- для систем мониторинга, оснащенных беспроводными дистанционными средствами мониторинга, информация централизованно поступает на пульт пожарно-спасательной части. Результаты мониторинга доступны диспетчеру пожарно-спасательного гарнизона и при наличии технической возможности доводятся диспетчером до начальника караула (в пути следования к месту вызова или на месте вызова);
- для систем мониторинга, отображающих информацию на пульт обслуживающего персонала объекта, информация доводится обслуживающим персоналом до диспетчера пожарно-спасательного гарнизона по телефонной, либо мобильной связи и далее от диспетчера поступает начальнику караула (в пути следования к месту вызова);
- для систем мониторинга с функцией дублирования результатов мониторинга на электронный вариант документа предварительного планирования информация доступна непосредственно до начальнику караула (в пути следования к месту вызова) и далее начальником караула доводится до диспетчера пожарно-спасательного гарнизона.

Аудиальное воспроизведение информации о месте расположения очага пожара в здании сводится к наименованию номера этажа и номера помещения, в котором зафиксирован факт возникновения пожара.



Визуальное отображение информации о месте расположения очага пожара производится посредством изменения цветовой (световой) палитры зоны контроля на электронном плане этажа здания. Пример визуального отображения информации представлен на рис. 3.1.



**Рис. 3.1.** Визуальное отображение результатов мониторинга

При отработке вопросов проведения разведки места пожара на пожарно-тактических учениях и занятиях может быть рассмотрено два случая использования результатов мониторинга.

Первый случай сводится к извещению РТП и его посредников о предполагаемом месте расположения очага пожара с помощью аудиальных сообщений от руководителя проведения занятий (учений).

Второй случай сводится к визуализации работы мониторинговой системы на электронном плане этажа здания. Для реализации визуального извещения РТП и его посредников на занятии информацией о месте расположения очага пожара необходимо использовать ЭВМ.



Для имитации работы МСПУ в программном средстве необходимо использовать динамическую модель мониторинга. Динамическая модель должна иллюстрировать изменение состояний в зонах контроля средств мониторинга – пожарных извещателей. Модель должна учитывать геометрию зон контроля пожарных извещателей, динамику параметра контролируемой среды, являющегося побудителем изменения состояния в зонах контроля и вид горючей нагрузки в защищаемом системой помещении. При использовании в качестве инициализации изменения состояний в зонах контроля системы мониторинга нескольких параметров необходимо рассматривать каждый параметр в отдельности.

Исходя из возможности МСПУ, состоящей в обеспечении потребителей результатов мониторинга информацией о месте расположения очага пожара в здании, необходимо предложить количественные критерии оценки эффективности применения данной информации.

Специфика тушения пожара на начальных этапах развития пожара в зданиях определяет ситуацию, при которой утверждать о повышении качества информационного обеспечения РТП возможно путем оценки времени на реализацию действий по тушению пожаров в зданиях. Поэтому необходимо рассматривать критерий эффективности использования информации от МСПУ, выражающийся снижением временных затрат на реализацию движения к очагу пожара в здании и потенциальным увеличением времени на реализацию действий по тушению пожара внутри здания.



#### 4. Критерий эффективности мониторинга состояния пожара

Исходя из вербального описания основной задачи пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров в зданиях, состоящей в спасении людей в случае угрозы их жизни, здоровью и достижении локализации и ликвидации пожара в кратчайшие сроки, можно сделать вывод, что интервал времени, необходимый на выполнение действий по тушению пожара, является основным критерием эффективности их реализации. Отсюда следует, что эффективность внедрения систем, направленных на повышение оперативности действий пожарно-спасательных подразделений, может оцениваться временной шкалой. Поэтому в качестве критерия эффективности применения МСПУ предлагается использовать критерий повышения тактических возможностей звеньев ГДЗС при реализации действий по тушению пожара внутри здания.

Для расчета количественных значений критерия предлагается следующая методика.

На первом этапе методики определяется среднее значение интегрального выигрыша во времени ( $\Delta_m$ , мин), который может быть получен при использовании информации от МСПУ при тушении пожара в здании на начальных этапах развития пожара.

Рассматриваются три способа прокладки рукавных линий:

- 1 – прокладка рукавных линий по маршам лестничной клетки;
- 2 – подъем рукавной линии с помощью спасательной веревки снаружи здания;
- 3 – спуск рукавной линии снаружи здания.

Осуществляется сбор необходимых параметров для расчета значений среднего интегрального выигрыша во времени: этажность здания и общая площадь здания. Производится определение расчетного значения среднего



интегрального выигрыша во времени с применением МСПУ. Рассматриваются три случая.

*Первый случай* предусматривает возможность прокладки рукавных линий только по маршам лестничной клетки, тогда расчетное значение среднего интегрального выигрыша во времени определяется по формуле:

$$\Delta_m^{n=1} = \frac{\alpha_1 S}{60 \beta^2 k} \cdot [(\beta k - 1) \exp(\beta k) + 1], \text{ мин}, \quad (4.1)$$

где:  $S$  – общая площадь здания,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha_n$  и  $\beta$  – константы модели ( $\alpha_1=0,04$ ;  $\beta=0,4$ );  $k$  – этажность здания.

Допускается определение выигрыша во времени с помощью табл. 4.1.

*Второй случай* предусматривает возможность прокладки рукавных линий путем подъема рукавной линии с помощью спасательной веревки и/или при спуске рукавной линии, тогда для оценки расчетного среднего интегрального выигрыша во времени используем формулу:

$$\Delta_m^{n=2} = \frac{\alpha_2 S}{60 \beta^3 k} \left[ ((\beta k - 1)^2 + 1) \exp(\beta k) - 2 \right], \text{ мин}, \quad (4.2)$$

где:  $S$  – общая площадь здания,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha_2$  и  $\beta$  – константы модели ( $\alpha_2=0,012$ ;  $\beta=0,4$ );  $k$  – этажность здания. Допускается определение выигрыша во времени с помощью табл. 4.2.

Для зданий общей площадью более  $10000 \text{ м}^2$  и/или зданий, имеющих этажность более 16 этажей, допускается принимать значение среднего интегрального выигрыша во времени при использовании МСПУ 3 минуты.

Таблица 4.1. Выигрыш во времени при использовании МСПУ (n=1)

k	Общая площадь здания, м <sup>2</sup>															
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000						
1	0,26	0,51	0,77	1,03	1,28	1,54	1,80	2,05	2,31	2,56						
2	0,40	0,80	1,20	1,59	1,99	2,39	2,79	3,00	3,00	3,00						
3	0,47	0,94	1,41	1,87	2,34	2,81	3,00	3,00	3,00	3,00						
4	0,49	0,99	1,48	1,98	2,47	2,97	3,00	3,00	3,00	3,00						
5	0,49	0,99	1,48	1,98	2,47	2,97	3,00	3,00	3,00	3,00						
6	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,00	3,00	3,00	3,00						
7	0,46	0,92	1,37	1,83	2,29	2,75	3,00	3,00	3,00	3,00						
8	0,43	0,86	1,29	1,73	2,16	2,59	3,00	3,00	3,00	3,00						
9	0,40	0,81	1,21	1,62	2,02	2,43	2,83	3,00	3,00	3,00						
10	0,38	0,76	1,14	1,51	1,89	2,27	2,65	3,00	3,00	3,00						
11	0,35	0,71	1,06	1,41	1,77	2,12	2,48	2,83	3,00	3,00						
12	0,33	0,66	0,99	1,32	1,65	1,98	2,31	2,65	2,98	3,00						
13	0,31	0,62	0,93	1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	2,79	3,00						
14	0,29	0,58	0,87	1,16	1,45	1,74	2,03	2,32	2,61	2,90						
15	0,27	0,55	0,82	1,09	1,36	1,64	1,91	2,18	2,46	2,73						
16	0,26	0,51	0,77	1,03	1,29	1,54	1,80	2,06	2,31	2,57						



Таблица 4.2. Выигрыш во времени при использовании МСПУ (n=2)

k	Общая площадь здания, м <sup>2</sup>															
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000						
1	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50						
2	0,15	0,30	0,44	0,59	0,74	0,89	1,04	1,19	1,33	1,48						
3	0,25	0,50	0,75	1,00	1,26	1,51	1,76	2,01	2,26	2,51						
4	0,34	0,68	1,02	1,35	1,69	2,03	2,37	2,71	3,00	3,00						
5	0,40	0,81	1,21	1,62	2,02	2,42	2,83	3,00	3,00	3,00						
6	0,45	0,90	1,34	1,79	2,24	2,69	3,00	3,00	3,00	3,00						
7	0,47	0,95	1,42	1,89	2,37	2,84	3,00	3,00	3,00	3,00						
8	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,91	3,00	3,00	3,00	3,00						
9	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,91	3,00	3,00	3,00	3,00						
10	0,48	0,95	1,43	1,90	2,38	2,86	3,00	3,00	3,00	3,00						
11	0,46	0,93	1,39	1,85	2,31	2,78	3,00	3,00	3,00	3,00						
12	0,45	0,89	1,34	1,79	2,23	2,68	3,00	3,00	3,00	3,00						
13	0,43	0,86	1,29	1,71	2,14	2,57	3,00	3,00	3,00	3,00						
14	0,41	0,82	1,23	1,64	2,05	2,46	2,87	3,00	3,00	3,00						
15	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,35	2,74	3,00	3,00	3,00						
16	0,37	0,75	1,12	1,49	1,86	2,24	2,61	2,98	3,00	3,00						

*Третий случай.* Если в здании имеется возможность прокладки рукавных линий всеми тремя способами, то определение расчетного значения среднего интегрального выигрыша во времени необходимо производить исходя из следующего условия: если этажность здания не выше 7 этажей, то для оценки среднего интегрального выигрыша во времени необходимо использовать формулу 4.1 (табл. 4.1), в противном случае (этажность здания от 7 до 16 этажей) необходимо использовать формулу 4.2 (табл. 4.2).

Оценивается истинное значение интегрального выигрыша в эффективности. По результатам наблюдений за эффективностью применения МСПУ принято максимальное значение среднего интегрального выигрыша во времени – 3 мин. Тогда при определении истинного значения необходимо исходить из условия: если расчетное значение не превышает максимального значения (3 мин), то рассчитанное значение принимаем за истинное, в противном случае истинным значением среднего интегрального выигрыша во времени следует считать максимальное значение (3 мин).

На втором этапе методики определяется критерий повышения тактических возможностей звена ГДЗС в зависимости от условий работы ( $k=1,5$  обычные условия и  $k=2$  сложные условия):

$$\Delta\% = \frac{\tau_{оч}^* - \tau_{оч}}{\tau_{оч}^*} 100\%. \quad (4.3)$$

Здесь потенциальное время на реализацию действий по тушению пожара без использования информации от МСПУ:

$$\tau_{оч} = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot \tau_n, \text{ мин}, \quad (4.4)$$

где  $\tau_{зд}$  – номинальное время защитного действия ДА, мин;  $\tau_n$  – время необходимое для поиска очага, мин.

Потенциальное время на тушение пожара с использованием МСПУ равно:

$$\tau_{оч}^* = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot (\tau_n - \Delta_m), \text{ мин}. \quad (4.5)$$

Предложенный критерий определяет фактическую возможность повышения эффективности действий по тушению пожара с применением МСПУ.



## 5. Примеры расчета критерия эффективности

### Пример 1. Общественное (административное) здание

**Дано:** Рассмотрим пятиэтажное общественное здание общей строительной площадью  $3800 \text{ м}^2$ , оборудованное системой мониторинга состояния пожара. Поиск очага пожара проводит группа разведки из звеньев ГДЗС, использующих дыхательные аппараты на сжатом воздухе с номинальным временем защитного действия 40 мин. Время на поиск очага пожара составляет 10 мин.

**Необходимо:** Оценить эффективность применения МСПУ при тушении пожара в здании на начальном этапе развития.

#### Решение

1. Определим среднее значение интегрального выигрыша во времени ( $\Delta_m$ , мин) при использовании МСПУ в ходе тушения пожара в здании на начальных этапах развития пожара.

1.1. Ограничений для реализации способов прокладки рукавных линий в здании нет, поэтому воспользуемся третьим случаем методики. Так как здание пятиэтажное ( $5 < 7$ ), то для оценки среднего интегрального выигрыша во времени в соответствии с методикой необходимо использовать табл. 4.1 или формулу 4.1.

1.2. Исходные данные для расчета среднего интегрального выигрыша во времени: общая площадь здания  $3800 \text{ м}^2$ , этажность здания  $k=5$ .

При расчете воспользуемся табл. 4.1 и методом интерполяции, так как значение общей площади  $3800 \text{ м}^2$  находится между двумя табличными значениями  $3000 \text{ м}^2$  и  $4000 \text{ м}^2$ .

По табл. 4.1 выбираем  $S_{\min} = 3000 \text{ м}^2$  и  $S_{\max} = 4000 \text{ м}^2$ , которым соответствуют значения выигрыша во времени  $\Delta_{m,\min} = 1,48$  мин и  $\Delta_{m,\max} = 1,98$  мин.

1.3. Определяем расчетное значение среднего интегрального выигрыша во времени. Для расчета среднего интегрального выигрыша во времени используем табличные значения и линейную интерполяцию, получим:

$$\Delta_m = \Delta_{m,\max} - \frac{(\Delta_{m,\max} - \Delta_{m,\min}) \cdot (S_{\max} - S)}{(S_{\max} - S_{\min})} =$$

$$= 1,98 - \frac{(1,98 - 1,48) \cdot (4000 - 3800)}{(4000 - 3000)} = 1,88, \text{ мин.}$$

Примечание. Расчетное значение среднего интегрального выигрыша во времени в соответствии с методикой можно получить, используя при этом формулу 4.1:

$$\Delta_m = - \frac{\alpha_1 S}{\beta^2 k \cdot 60} [(\beta k - 1) \exp(\beta k) + 1] =$$

$$= \frac{0,04 \cdot 3800}{(-0,4)^2 \cdot 5 \cdot 60} [(-0,4 \cdot 5 - 1) \exp(-0,4 \cdot 5) + 1] = 1,88, \text{ мин.}$$

1.4. Определим истинное значение интегрального выигрыша во времени.

Полученное расчетное значение  $\Delta_m = 1,88$ , мин не превышает максимального значения интегрального выигрыша во времени – 3 мин, тогда в соответствии с методикой расчетное значение принимаем за истинное.

Вывод: истинное значение среднего выигрыша во времени составит величину равную  $\Delta_m = 1,88$ , мин.

2. Определим процентное значение критерия повышения тактических возможностей групп разведки при поиске очага пожара в здании с использованием МСПУ.

2.1. Исходные данные:

время защитного действия дыхательных аппаратов  $\tau_{зд} = 40$ , мин;

время на поиск очага пожара в здании  $\tau_n = 10$ , мин;

выигрыш во времени с применением информации от МСПУ  $\Delta_m = 1,88$ , мин;

Коэффициент условий работы:  $k = 1,5$  (нормальные условия работы).

2.2. Определим время на тушение пожара без использования МСПУ, для этого используем формулу 4.4 методики:

$$\tau_{оч} = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot \tau_n = 40 - 2,5 \cdot 10 = 15 \text{ мин.}$$



2.3. Определяем время на тушение пожара (работу у очага пожара) с использованием МСПУ по формуле 4.5 методики:

$$\tau_{оч}^* = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot (\tau_n - \Delta_m) = 40 - 2,5 \cdot (10 - 1,88) = 19,7 \text{ мин.}$$

2.4. Рассчитываем критерий повышения тактических возможностей звена ГДЗС в зависимости от условий работы по формуле 4.3 методики:

$$\Delta\% = \frac{\tau_{оч}^* - \tau_{оч}}{\tau_{оч}^*} 100\% = \frac{19,7 - 15}{19,7} 100\% = 24\%.$$

Вывод: эффективность применения МСПУ при поиске очага в здании группой разведки из звеньев ГДЗС равна 24 %.

### Пример 2. Здание повышенной этажности

**Дано:** Десятиэтажное здание административного назначения общей строительной площадью 9500 м<sup>2</sup>. Поиск и тушение очага в начальной стадии развития осуществляется звеньями ГДЗС, оснащенных дыхательными аппаратами на сжатом воздухе с номинальным временем защитного действия 60 мин; время на поиск очага пожара в здании 15 мин; прокладка рукавных линий возможна только внутри здания по маршам лестничной клетки.

**Необходимо:** Оценить эффективность применения МСПУ при тушении пожара в здании на начальном этапе развития.

#### Решение

1. Определим среднее значение интегрального выигрыша во времени ( $\Delta_m$ , мин) при использовании МСПУ в ходе тушения пожара в здании на начальных этапах развития пожара.

1.1. Прокладка рукавных линий возможна только внутри здания по маршам лестничной клетки, поэтому воспользуемся первым случаем методики.

Рассчитаем значение интегрального выигрыша во времени по формуле 4.1.

1.2. Исходные данные для расчета среднего интегрального выигрыша во времени: общая площадь здания 9500 м<sup>2</sup>, этажность здания  $k=10$ .

1.3. Определяем расчетное значение среднего интегрального выигрыша:

$$\Delta_m = \frac{\alpha_1 S}{\beta^2 k \cdot 60} \cdot [(\beta k - 1) \exp(\beta k) + 1] =$$

$$= \frac{0,04 \cdot 9500}{(-0,4)^2 \cdot 10 \cdot 60} [(-0,4 \cdot 10 - 1) \exp(-0,4 \cdot 10) + 1] = 3,60, \text{ мин.}$$

1.4. Определим истинное значение интегрального выигрыша во времени.

Полученное расчетное значение  $\Delta_m = 3,60$ , мин превышает максимальное значение интегрального выигрыша во времени – 3 мин, тогда в соответствии с методикой в качестве расчетного значения будем использовать максимальное значение, а именно 3 мин.

Вывод: истинное значение среднего выигрыша во времени от применения МСПУ составит величину равную  $\Delta_m = 3,00$ , мин.

2. Определим процентное значение критерия повышения тактических возможностей групп разведки ГДЗС при поиске очага пожара в здании с использованием МСПУ.

2.1. Исходные данные:

время защитного действия дыхательных аппаратов  $\tau_{зд} = 60$ , мин;

время на поиск очага пожара в здании  $\tau_n = 15$ , мин;

выигрыш во времени с применением информации от МСПУ  $\Delta_m = 3,60$ , мин;

коэффициент условий работы:  $k = 2,0$  (сложные условия работы, здание повышенной этажности).

2.2. Определим время на тушение пожара без МСПУ, для этого используем формулу 4.4 методики:

$$\tau_{оч} = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot \tau_n = 60 - 3 \cdot 15 = 15 \text{ мин.}$$

2.3. Определяем время на тушение пожара (работу у очага пожара) с использованием МСПУ по формуле 4.5 методики:

$$\tau_{оч}^* = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot (\tau_n - \Delta_m) = 60 - 3 \cdot (15 - 3,00) = 24 \text{ мин.}$$

2.4. Рассчитываем критерий повышения тактических возможностей звена ГДЗС в зависимости от условий работы по формуле 4.3 методики:



$$\Delta\% = \frac{\tau_{оч}^* - \tau_{оч}}{\tau_{оч}^*} 100\% = \frac{24 - 15}{24} 100\% = 37,5\%.$$

Вывод: эффективность применения МСПУ при поиске очага в здании группой разведки из звеньев ГДЗС равна 37,5 %.

### Пример 3. Промышленное здание

**Дано:** Промышленное двухэтажное здание общей строительной площадью 6300 м<sup>2</sup>. Поиск и тушение очага в начальной стадии развития осуществляется звеньями ГДЗС, оснащенных дыхательными аппаратами на сжатом воздухе с номинальным временем защитного действия 40 мин; время на поиск очага пожара в здании 10 мин; прокладка рукавных линий возможна только внутри здания по маршам лестничной клетки.

**Необходимо:** Оценить эффективность применения МСПУ при тушении пожара в здании на начальном этапе развития.

#### Решение

1. Определим среднее значение интегрального выигрыша во времени ( $\Delta_m$ , мин) при использовании МСПУ в ходе тушения пожара в здании на начальных этапах развития пожара.

1.1. Прокладка рукавных линий возможна только внутри здания по маршам лестничной клетки, поэтому рассчитаем значение интегрального выигрыша во времени по формуле 4.1.

1.2. Исходные данные для расчета среднего интегрального выигрыша во времени: общая площадь здания 6300 м<sup>2</sup>, этажность здания k=2.

1.3. Определяем расчетное значение среднего интегрального выигрыша:

$$\begin{aligned} \Delta_m &= \frac{\alpha_1 S}{\beta^2 k \cdot 60} [(\beta k - 1) \exp(\beta k) + 1] = \\ &= \frac{0,04 \cdot 6300}{(-0,4)^2 \cdot 2 \cdot 60} \cdot [(-0,4 \cdot 2 - 1) \exp(-0,4 \cdot 2) + 1] = 2,50, \text{ мин.} \end{aligned}$$

1.4. Определим истинное значение интегрального выигрыша во времени.

Полученное расчетное значение  $\Delta_m = 2,50$ , мин не превышает максимального значения интегрального выигрыша во времени – 3 мин, тогда в соответствии с методикой расчетное значение принимаем за истинное.

Вывод: истинное значение среднего выигрыша во времени от применения МСПУ составит величину равную  $\Delta_m = 2,50$ , мин.

2. Определим процентное значение критерия повышения тактических возможностей групп разведки при поиске очага пожара в здании с использованием МСПУ.

2.1. Исходные данные:

время защитного действия дыхательных аппаратов  $\tau_{зд} = 40$ , мин;

время на поиск очага пожара в здании  $\tau_n = 10$ , мин;

выигрыш во времени с применением МСПУ  $\Delta_m = 2,50$ , мин;

коэффициент условий работы:  $k = 1,5$  (нормальные условия работы).

2.2. Определим время на тушение пожара без использования МСПУ, для этого используем формулу 5.4 методики:

$$\tau_{оч} = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot \tau_n = 40 - 2,5 \cdot 10 = 15 \text{ мин.}$$

2.3. Определяем время на тушение пожара (работу у очага пожара) с использованием информации от МСПУ по формуле 4.5 методики:

$$\tau_{оч}^* = \tau_{зд} - (1 + k) \cdot (\tau_n - \Delta_m) = 40 - 2,5 \cdot (10 - 2,50) = 21,25 \text{ мин.}$$

2.4. Рассчитываем критерий повышения тактических возможностей звена ГДЗС в зависимости от условий работы по формуле 4.3 методики:

$$\Delta\% = \frac{\tau_{оч}^* - \tau_{оч}}{\tau_{оч}^*} 100\% = \frac{21,25 - 15}{21,25} 100\% = 29,4\%.$$

Вывод: эффективность применения информации от МСПУ при поиске очага в здании группой разведки из звеньев ГДЗС равна 29,4 %.



## Заключение

В Руководстве разработаны критерии для оценки эффективности применения МСПУ при реализации действий по тушению пожаров в зданиях на начальных этапах развития пожара. Предложена методика расчета критериев эффективности и рассмотрены примеры применения методики для зданий общественного, административного и промышленного назначения, включая здания повышенной этажности.

Разработанные критерии могут быть применимы для оценки повышения эффективности действий по тушению пожаров в зданиях с использованием МСПУ при:

- предварительном планировании действий по тушению пожаров в зданиях и сооружениях с учетом возможности извещения РТП о месте расположения очага пожара в здании;
- проведении пожарно-тактических учений и пожарно-тактических занятий с использованием компьютерных тренажеров, реализуемых с помощью ЭВМ;
- согласовании и технико-экономическом обосновании целесообразности оборудования автоматической пожарной сигнализацией с передачей сигнала о пожаре по радиотелекоммуникационной системе;
- подготовке дежурно-диспетчерского состава пожарно-спасательных гарнизонов и персонала объектов зданий и сооружений.

Предложенные критерии, с учетом дополнительных исследований, могут быть использованы при оценке эффективности применения систем мониторинга в высотных зданиях, а также в подземных сооружениях транспортной инфраструктуры крупных городов.

## Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
2. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
3. Концепция общественной безопасности в Российской Федерации: утв. приказом Президента РФ от 14.11.2013 № Пр-2685.
4. Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 3.12.2014 №2446-р.
5. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования: Свод правил СП 5.13130.2009 (утв. приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 175).
6. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения: Свод правил СП 11.13130.2009.
7. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования.
8. Методические рекомендации по составлению планов тушения пожаров и карточек тушения пожаров, утвержденные главным военным экспертом генерал-полковником П.В.Платом 27.02.2013 года №2-4-87-1-18.
9. Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде: Приказ МЧС России от 9.01.2013 № 3.
10. Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны: Приказ МЧС России от 31.03.2011 № 156.



11. Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ: Приложение к письму МЧС России от 26.05.2010 №43-2007-18.

12. Тараканов Д.В., Баканов М.О., Семенов А.О. Методика оценки эффективности мониторинга состояния пожаров в зданиях // Технологии техносферной безопасности: Интернет журнал. 2017. Вып. 3(73). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/32-03-17.ttb.pdf> (дата обращения: 20.10.2017)